



# 難削材転削加工用材種 「ACS2500/ACS3000」

Milling Grades 'ACS2500 and ACS3000' for Exotic Alloys

鈴木 優太\*  
Yuta Suzuki

金岡 秀明\*  
Hideaki Kanaoka

深江 恒佑  
Kousuke Fukae

今村 晋也  
Shinya Imamura

近年、航空機、石油ガス、医療、自動車産業等において、その機器や部品には耐熱性や耐食性に優れる Ni（ニッケル）基、Co（コバルト）基、Ti（チタン）合金等の材料が多く使用され、その使用量は今後大幅に増加すると見られている。一方、これらの材料を切削加工する場合、被削材自体の高温強度が高いことや工具の刃先に溶着しやすいことなどから、工具の寿命が著しく低下する問題がある。そこで当社ではこのような難削材の転削加工において、安定長寿命かつ高能率加工を実現する新しい工具材種「ACS2500」および「ACS3000」を開発した。この ACS シリーズは難削材転削加工において当社従来材種と比較して2倍以上の長寿命または高能率加工を実現し、加工コストを大幅に低減させることが可能となった。

Exotic alloys, such as nickel-based alloys, cobalt-based alloys, and titanium alloys, are widely used for equipment and parts in the aerospace and automotive industries due to their superior resistance against heat and corrosion. There has been growing demand for tools for machining these alloys. When cutting exotic alloys, the workpiece material is likely to adhere onto the cutting edge of the tool, resulting in a sudden fracture of the cutting edge. The tool life is significantly shorter than that of tools for cutting general steel. Thus, demand for cutting tools with stable performance and long tool life has been increasing. The newly developed ACS2500 and ACS3000 are designed to improve wear resistance and fracture resistance by applying a newly developed physical vapor deposition (PVD) coating and special cemented carbide substrate. These coated carbide grades help reduce the frequency of cutting edge replacement and tool consumption by extending the tool life, contributing to the reduction of machining costs.

キーワード：難削材、切削工具、PVD、安定長寿命、高能率加工

## 1. 緒言

切削工具に用いられる刃先交換型チップで、超硬合金母材の表面に硬質セラミックス膜を被覆した材種（以下、コーティング材種とする）は、他の工具材種と比較して耐摩耗性と耐欠損性のバランスに優れることから、年々その使用比率が高まっており、現在では刃先交換型チップ材種全体の70%を占めている。

また近年、航空機、石油ガス、医療、自動車産業において、その機器や部品には耐熱性や耐食性に優れる Ni（ニッケル）基、Co（コバルト）基、Ti（チタン）合金などの材料が多く使用され、その使用量は今後大幅に増加すると見られている。一方、これらの材料を切削加工する場合、高温強度が高いことや工具の刃先に溶着しやすいといった特徴があり、突発的に工具の刃先が欠損する等、工具の寿命が著しく低下する問題がある。そこでこのような「難削材」の切削加工において、安定かつ長寿命な切削工具のニーズが高まっている。

当社ではそのような市場ニーズに対応すべく、難削材の転削加工において、特にチタン合金で長寿命かつ高能率加工を実現する新 PVD<sup>\*1</sup>コーティング材種「ACS2500」、耐熱合金に対して幅広い加工条件で安定かつ長寿命を実現する新コーティング材種「ACS3000」を開発し、販売を

開始した。本稿ではこれら2材種の狙いと特長、切削性能に関して報告する。

## 2. 新材種の技術的特長

### 2-1 難削材転削加工の課題

難削材転削加工における課題を明確にするため、市場での使用済み工具を回収し、損傷形態を詳細に分析した。その結果、主な刃先の損傷はチタン合金加工においては熱亀裂（図1）ならびにこの亀裂を起点としたチップングであることがわかった。加工時に工具が回転する転削加工においては、工具と被削材が接触、離脱を繰り返すため、工具の刃先は温度変化により膨張と収縮が繰り返される。複数の異なる特性を有する材料から成り立つ工具においてはこのサイクルによって内部に歪みが発生するため、熱亀裂が形成される。特に被削材の熱伝導率が低く、加工時の発熱が大きくなるチタン合金加工においては熱亀裂の発生が顕著になる傾向にある。一方、インコネル<sup>\*2</sup>に代表されるニッケル基合金では摩耗進行に伴う欠損が主体であることがわかった。摩耗が進行すると刃先強度が低下するため、欠損に繋がる場合が多い。

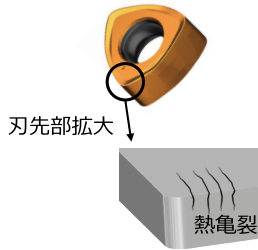


図1 熱亀裂の模式図

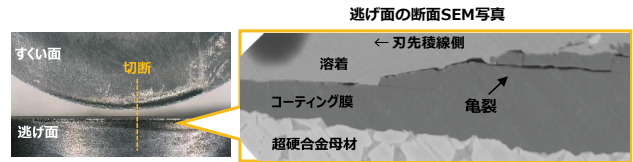


写真1 刃先の断面損傷形態

### 2-2 ACS2500/ACS3000の位置付け

チタン合金用「ACS2500」、インコネル合金用「ACS3000」の材種位置付けおよび推奨使用領域を図2に示す。ACS2500はチタン合金の転削加工用材種で、耐熱亀裂性に優れた新開発の超合金母材とコーティング膜を有する。ACS3000は新開発のコーティング膜を適用しており、インコネル転削において優れた耐摩耗性により長寿命を実現する。

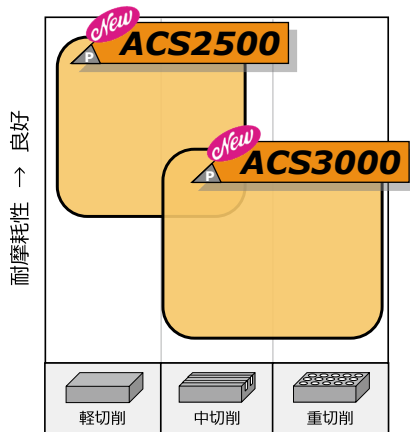


図2 ACS2500、ACS3000の推奨使用領域

### 2-3 新PVD膜の特長

新開発のコーティング膜はACS2500、ACS3000両方に適用している。コーティング膜は①超微粒AlTiBN超多層による強度ならびに耐摩耗性向上、②コーティング膜と超合金母材界面の密着力強化による安定性向上が主な特長である。難削材の転削加工におけるコーティング膜の損傷メカニズムを解明するため、従来コーティング膜でインコネル718の転削加工を行い、刃先を詳細に観察した。写真1に刃先の断面方向からの観察結果を示す。

写真に示す通り、現行コーティング膜は膜中に発生した膜/母材界面に平行な亀裂によって損傷領域が大きくなることがわかった。この亀裂が形成されると損傷が急激に進行するため、亀裂抑制が重要となる。そこで膜強度を向上させるため新たな元素を微量添加することで膜組織の微細化を図った。その結果、ボロン (B) 添加により膜の組織を数nm程度の超微細組織とすることに成功した(写真2)。

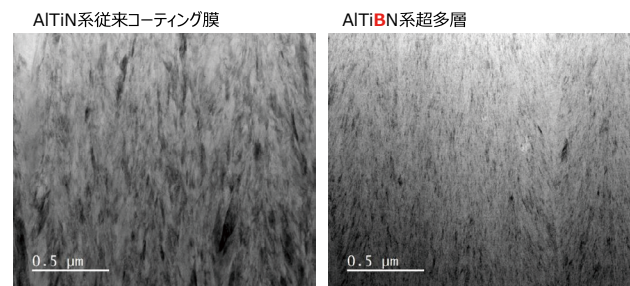


写真2 新コーティング膜断面組織

また、従来コーティング膜で難削材加工を行うと、超合金母材と膜の界面で剥離が発生して工具寿命が不安定になる場合があった。そこで、当社独自の高密着技術を適用した結果、スクラッチ密着強度試験<sup>\*3</sup>において、新コーティング膜は従来コーティング膜対比で1.5倍の密着強度を達成した(図3)。

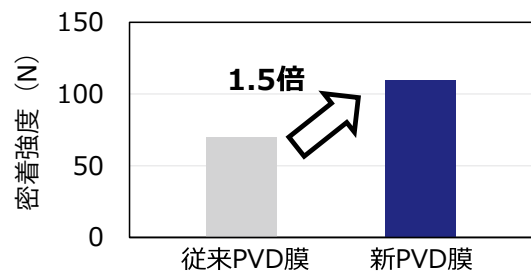


図3 新コーティング膜の密着強度

### 2-4 新超硬合金母材の特長

耐熱亀裂性向上を図るため、超硬合金母材の強度を高める取り組みを行った。WC原料の均粒化に加えて焼結条件の改良を行うことで、抗折力を従来比1.2倍に高めることに成功した (図4)。

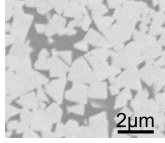
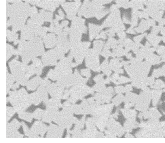
	従来超硬母材	新開発超硬母材
抗折力 (GPa)	3.8	4.4
合金組織		

図4 超硬合金母材の合金特性値

被削材：インコネル718、チップ型番：RDET1204M0EN-G  
 切削条件：Vc=40m/min, fz=0.25mm/t, ap=2mm, ae=30mm, WET

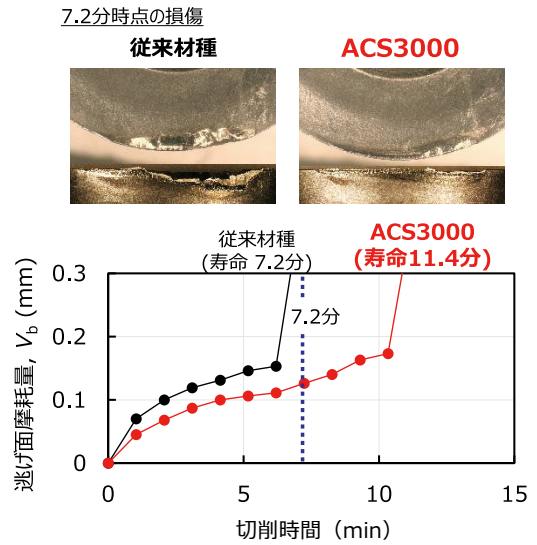


図6 ACS3000インコネル718切削評価結果

### 2-5 ACS2500/ACS3000の切削性能

新開発の超微粒 AlTiBN 膜と S20 グレード超硬合金母材の組み合わせを「ACS2500」、S30 グレード母材の組み合わせを「ACS3000」として製品化した。

ACS2500 を用いてチタン合金の切削試験を行った結果を図5に示す。ACS2500 は超硬合金母材の抗折力向上により、熱亀裂を起因としたチッピングを抑制できたことで従来材種対比、1.9倍の長寿命を達成した。

被削材：Ti6Al4V、チップ型番：AOMT170508PEER-G  
 切削条件：Vc=60m/min, fz=0.15mm/t, ap=2mm, ae=5mm, WET

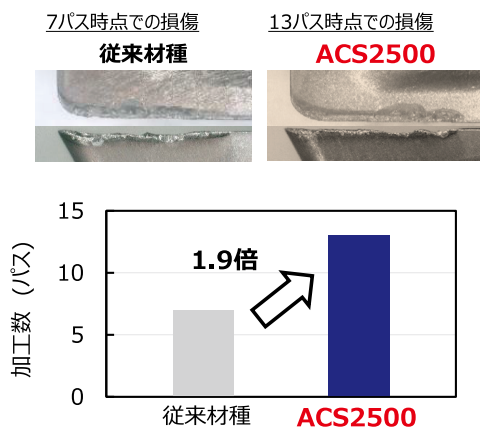


図5 ACS2500チタン合金切削評価結果

被削材：Ti6Al4V (航空機部品)、チップ型番：RPHT1204M0EN-G  
 切削条件：Vc=60m/min, fz=0.2mm/t, ap=3mm, WET

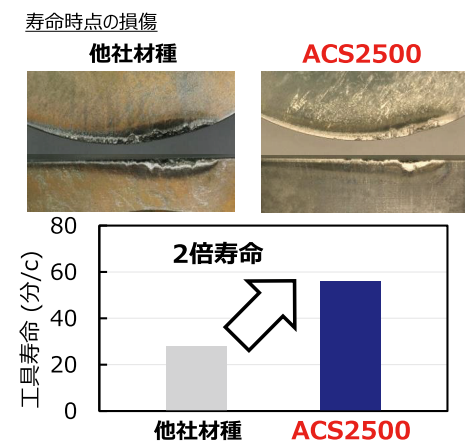


図7 ACS2500加工事例

ACS3000 を用いてインコネル718の切削試験を行った結果を図6に示す。ACS3000は従来材種対比、1.6倍の長寿命を達成した。

図8にACS3000で機械部品 (ハステロイ<sup>※4</sup>) を加工した結果を示す。ACS3000は優れた耐摩耗性により、他社品対比5倍の寿命を示した。

被削材：ハステロイ（機械部品）、チップ型番：AOMT11T308PEER-G  
 切削条件：Vc=35m/min, fz=0.08mm/t, ap=1mm, WET

寿命時点の損傷

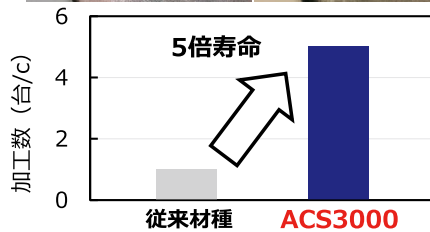
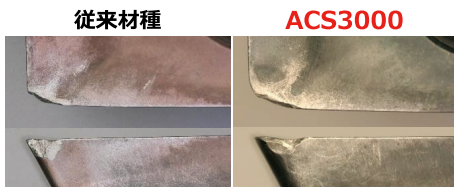


図8 ACS3000加工事例

#### 4. 結 言

以上の通り、耐摩耗性に優れる新PVDコーティング膜と耐熱亀裂性に優れる超硬合金母材を開発し、ACS2500およびACS3000へ適用することで従来比2倍以上の安定長寿命を実現した。これら2種類は難削材転削加工において加工コスト低減および生産性向上に大きく寄与できるものと確信している。

#### 用語集

##### ※1 PVD

Physical Vapor Depositionの略。物理蒸着法と呼ばれターゲット材をアーク放電などでイオン化しガスと反応させてセラミックス膜として基材上へ堆積させる方法。

##### ※2 インコネル

INCONEL。Ni基耐熱合金の一種でSpecial Metals Corporationの登録商標。

##### ※3 スクラッチ密着強度試験

コーティング膜表面をダイヤモンドの圧子を密着させ、荷重を加えながら移動させて、膜が剥離した際の荷重を測定する評価手法。

##### ※4 ハステロイ

HASTELLOY。Ni基耐熱合金の一種でHaynes International, Incの登録商標。

執筆者

鈴木 優太\*：住友電工ハードメタル(株)



金岡 秀明\*：住友電工ハードメタル(株) 主席



深江 恒佑：住友電工ハードメタル(株)



今村 晋也：住友電工ハードメタル(株) グループ長



\*主執筆者